

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ENERGY AND ELECTRICAL ENGINEERING

УДК 621.71



DOI: 10.21822/2073-6185-2024-51-3-35-41

Обзорная статья / Review article

Методика охлаждения серверных помещений

Е.И. Страшко, И.А. Шорсткий, Р.А. Жлобо

Кубанский государственный технологический университет,
350072, г. Краснодар, ул.Московская, д. 2, Россия

Резюме. Цель. В современном мире, где количество данных растет с каждым днем, важность надежных и эффективных центров обработки данных (ЦОД) становится все более очевидной. Одним из ключевых аспектов поддержания работоспособности и надежности ЦОД является обеспечение адекватного охлаждения серверных помещений. Данная научная работа посвящена изучению и анализу различных методик охлаждения, используемых в серверных помещениях. **Метод.** Исследование основано на методах термодинамического анализа для оптимизации систем охлаждения с целью повышения их эффективности и снижения энергопотребления. **Результат.** В работе рассматриваются как традиционные системы охлаждения, так и современные инновационные решения, позволяющие повысить эффективность охлаждения при одновременном снижении энергопотребления. Авторы проводят сравнение различных методов охлаждения, оценивают их преимущества и недостатки, а также анализируют потенциальные экономические и экологические выгоды от внедрения передовых технологий в практику управления серверными помещениями. **Вывод.** Выбор оптимального метода охлаждения должен учитывать специфику серверного оборудования, тепловые нагрузки, размер помещения и другие факторы. Важно также уделить внимание обслуживанию и выбору оптимальной системы охлаждения в соответствии с потребностями и характеристиками серверного оборудования.

Ключевые слова: центры обработки данных, серверные помещения, системы охлаждения, энергоэффективность, инновационные решения, экономическая эффективность, экологическая безопасность

Для цитирования: Е.И. Страшко, И.А. Шорсткий, Р.А. Жлобо. Методика охлаждения серверных помещений. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024; 51(3):35-41. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-3-35-41

Method of cooling server rooms

E.I. Strashko, I.A. Shortskey, R.A. Zhlobo

Kuban State Technological University,
2 Moskovskaya St., Krasnodar 350072, Russia

Abstract. Objective. In today's world, where the amount of data is growing every day, the importance of reliable and efficient data centers (DPCs) is becoming increasingly clear. One of the key aspects of maintaining data center availability and reliability is ensuring adequate cooling of server rooms. This scientific work is devoted to the study and analysis of various cooling techniques used in server rooms. **Method.** The study is based on thermodynamic analysis methods to optimize cooling systems to improve their efficiency and reduce energy consumption. **Result.** The work examines both traditional cooling systems and modern innovative solutions that improve cooling efficiency while reducing energy consumption. The authors compare different cooling methods, evaluate their advantages and disadvantages, and analyze the potential economic and environmental benefits of introducing advanced technologies into server room management practices. **Conclusion.** The choice of the optimal cooling method should take into account the specifics of the server equipment, thermal loads, room size and other factors. It is also important to pay attention to maintenance and selection of the optimal cooling system in accordance with the needs and characteristics of the server equipment.

Keywords: data processing centers, server rooms, cooling systems, energy efficiency, innovative solutions, economic efficiency, environmental safety

For citation: E.I. Strashko, I.A. Shortskey, R.A. Zhlobo. Method of cooling server rooms. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(3):35-41. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-3-35-41

Введение. В условиях глобальной информатизации общества и непрерывного роста объемов цифровых данных, центры обработки данных (ЦОД) становятся критически важными элементами инфраструктуры любой организации. Однако, с увеличением мощности и плотности размещения серверного оборудования возрастает и выделение тепла, что делает вопросы эффективного охлаждения серверных помещений особенно актуальными. Неадекватное охлаждение может привести к перегреву оборудования, снижению его производительности и даже выходу из строя, что в свою очередь может вызвать серьезные финансовые и репутационные потери для организации. В этой связи, разработка и внедрение эффективных методик охлаждения серверных помещений является первоочередной задачей.

Постановка задачи. Целью исследования является анализ существующих методов охлаждения серверных помещений, выявление их преимуществ и недостатков, а также разработка рекомендаций по оптимизации систем охлаждения с целью повышения их эффективности и снижения энергопотребления.

Методы исследования. В рамках исследования были рассмотрены различные системы охлаждения, включая традиционные системы кондиционирования воздуха, системы охлаждения с использованием воды, а также инновационные решения, такие как охлаждение с использованием внешнего воздуха и системы охлаждения на основе тепловых насосов. Для сравнительного анализа использовались критерии, такие как энергоэффективность, стоимость внедрения и эксплуатации, а также потенциальное влияние на окружающую среду. Методы исследования включали в себя анализ научной литературы, моделирование работы систем охлаждения и экспериментальные исследования в реальных условиях эксплуатации ЦОД.

Обсуждение результатов. Исследование показало, что применение инновационных методов охлаждения может значительно повысить эффективность работы серверных помещений при одновременном снижении энергопотребления.

В частности, использование систем охлаждения с применением внешнего воздуха и тепловых насосов позволяет существенно сократить потребление электроэнергии по сравнению с традиционными системами кондиционирования. Однако, успешное внедрение таких систем требует тщательного планирования и учета множества факторов, включая климатические условия региона, характеристики здания и специфику размещенного в нем оборудования. В работе также обсуждаются вопросы экономической и экологической эффективности различных методов охлаждения, а также предлагаются рекомендации по выбору оптимальных решений для конкретных условий эксплуатации ЦОД [1, С. 131-135].

1. Прецизионные кондиционеры. Принцип работы прецизионных кондиционеров основан на циклическом преобразовании хладагента из газообразного в жидкое состояние и обратно (рис.1). Этот процесс сопровождается изменениями давления внутри системы. Прецизионные кондиционеры функционируют по той же основной схеме, что и стандартные климатические устройства: газообразный хладагент сжимается в компрессоре, затем проходит через конденсатор, где происходит конденсация и отдача тепла, превращая вещество в жидкость [2, С. 107-115].

Жидкий хладагент поступает в испаритель, где возвращается в газообразное состояние. На последнем этапе цикла хладагент возвращается в компрессор. Воздушная циркуляция осуществляется через испаритель, где воздух из помещения проходит охлаждение. Этот процесс обеспечивает эффективное охлаждение и поддержание оптимальной температуры внутри помещения [3, С. 192-196.].

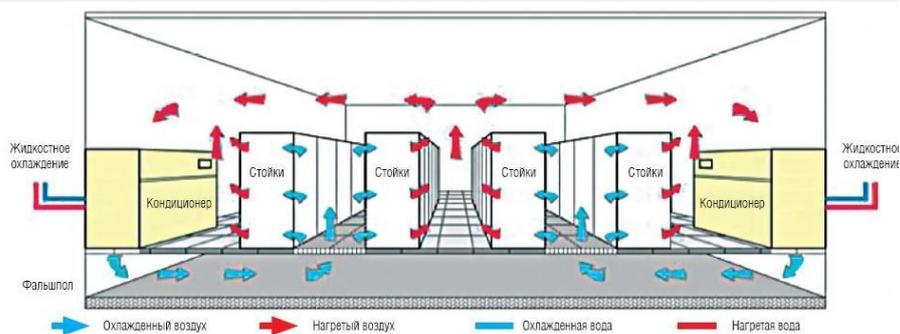


Рис. 1. Принцип охлаждения с помощью прецизионного кондиционера
Fig. 1. Cooling principle with precision air conditioner

2. Сплит-системы. Сплит-системы представляют собой простое и доступное решение для охлаждения серверных помещений. Бытовые и полупромышленные модели сплит-систем успешно справляются с задачей охлаждения серверов. Бытовые сплит-системы отличаются удобством в установке и настройке, что позволяет разместить блок в ограниченном пространстве. Полупромышленные модели обычно оснащены зимним комплектом и предназначены для работы на больших площадях [4, С. 130-139].

Преимущества сплит-систем включают в себя широкий выбор модулей, способных адаптироваться к различным условиям эксплуатации, доступность по цене по сравнению с другими типами кондиционеров и возможность адаптации к низким температурам уличного воздуха [5, С. 38-42]. Однако, недостатком сплит-систем является их относительно невысокая мощность. Тем не менее, для охлаждения воздуха в небольших ЦОД сплит-системы обладают достаточной эффективностью и функциональностью.

3. Приточная вентиляция (применима в зимний период). В data-центрах и серверных помещениях применяются две основные схемы циркуляции воздуха: «сверху вниз» и «снизу вверх» (рис.2).

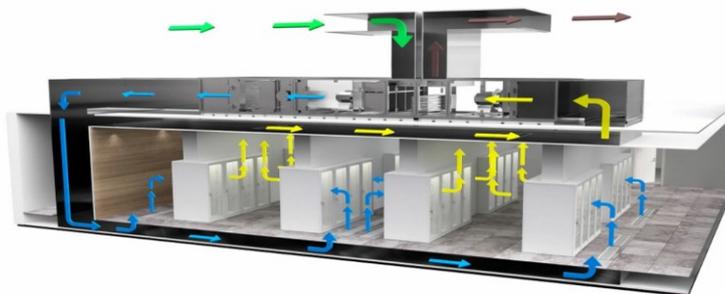


Рис. 2. Принцип работы приточной вентиляции
Fig. 2. Operating principle of supply ventilation

Первая схема эффективна при тепловых нагрузках до 400 Вт/м² площади пола, в то время как вторая предполагает равномерное удаление избытков тепла в пропорции «35-45% снизу»/«65-55% сверху» [6, С. 94-103]. Для обеспечения правильной вентиляции в серверных комнатах используются специальные технические решения, такие как перфорированный технический пол или напольные воздухораспределители вентиляционной системы. Контроль параметров вентиляции осуществляется с помощью регуляторов расхода воздуха [7, С. 36-43]. Регулярные проверки состояния всех элементов оборудования, таких как герметичность труб охлаждения и состояние фильтров, необходимы для обеспечения правильной работы системы. Для серверных комнат рекомендуется двухступенчатая система фильтрации воздуха с использованием фильтров EU4—EU5 для предварительной очистки и картриджей EU9—EU10 для более тонкой фильтрации.

Важно поддерживать абсолютную герметичность трубопровода между фильтром и серверной комнатой и обеспечить удобный доступ для обслуживания [8, С. 12-15]. Размер серверных помещений влияет на выбор оборудования. Для небольших серверных с низкой тепловой мощностью до 180 Вт/м² допустимо применение сплит-кондиционеров. Важно разделять зоны холодного и горячего воздуха в Data-центрах и обеспечивать точное контролирование

температуры [9, С. 62-66]. Профессиональные узкоспециализированные компании рекомендуются для подбора оборудования и расчета вентиляции в серверных помещениях. Данная система имеет название «Free-Cooling» и представляет собой наборную приточную вентиляционную установку с заслонками, с помощью которых регулируется поток входящего воздуха. Вентиляция обычно работает зимой, а летом включают сплит-систему [10, С. 128-134]. Преимущества «Free-Cooling»: экономичность; простое устройство; большой ресурс. Система охлаждения дата-центров «Free-Cooling» имеет ограничения по монтажу. Не во всех помещениях можно организовать естественный приток [11, С. 166-169].

4. Жидкостные системы охлаждения. Охлаждение серверов с помощью систем жидкостного охлаждения представляет собой эффективный и инновационный подход для поддержания оптимальной температуры работы оборудования. Рассмотрим, как это происходит (рис.3).

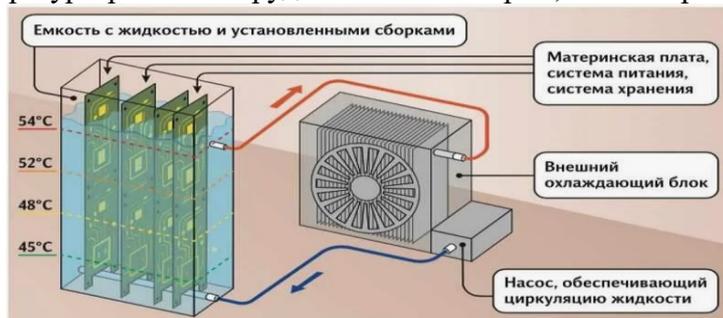


Рис. 3. Принцип работы системы жидкостного охлаждения для серверного оборудования

Fig. 3. Operating principle of a liquid cooling system for a server equipment

Система жидкостного охлаждения для серверов включает в себя циркуляцию специальной охлаждающей жидкости через трубопроводы, которые прокладываются вблизи серверов или даже непосредственно на них. Жидкость поглощает тепло, выделяемое серверами в процессе работы, и транспортирует его к холодильному агрегату для дальнейшего охлаждения [12, С. 280-288]. Жидкость может циркулировать по специальным каналам или трубкам, расположенным на поверхности серверов или внутри них, чтобы эффективно охладить оборудование. После поглощения тепла жидкость направляется к радиаторам или теплообменникам, где происходит отдача тепла в окружающую среду.

Этот процесс обеспечивает эффективное охлаждение серверов, предотвращая перегрев и обеспечивая оптимальные условия работы оборудования [13, С. 147-149]. Системы жидкостного охлаждения также позволяют точно контролировать температуру внутри серверных помещений, что особенно важно для обеспечения стабильной работы чувствительного оборудования. Кроме того, жидкостное охлаждение обладает высокой энергоэффективностью, поскольку жидкость может эффективно поглощать и отводить тепло, что может привести к снижению энергозатрат на охлаждение серверов [14, С. 58-66]. Такой подход также способствует снижению уровня шума в серверных помещениях, создавая более комфортные условия работы для персонала.

В целом, системы жидкостного охлаждения представляют собой современное и эффективное решение для охлаждения серверов, обеспечивая оптимальные условия работы и повышенную надежность оборудования.

5. Климатическая техника на холодоносителе. Климатическая техника на холодоносителе является важным компонентом систем охлаждения, широко применяемым в различных областях, включая серверные помещения, data-центры, промышленные объекты и офисные здания. Эта технология основана на использовании специального холодоносителя, который циркулирует по системе для охлаждения воздуха и оборудования [15, С. 173-177]. Основным принципом работы климатической техники на холодоносителе заключается в циркуляции холодоносителя через компрессор, конденсатор, испаритель и расширительный клапан (рис. 4). Компрессор сжимает холодоноситель, повышая его давление и температуру, после чего он поступает в конденсатор, где происходит отдача тепла и конденсация холодоносителя, затем

охлажденный холодоноситель проходит через испаритель, где поглощает тепло из окружающего воздуха или оборудования, испаряется и возвращается в компрессор для запуска нового цикла [16].

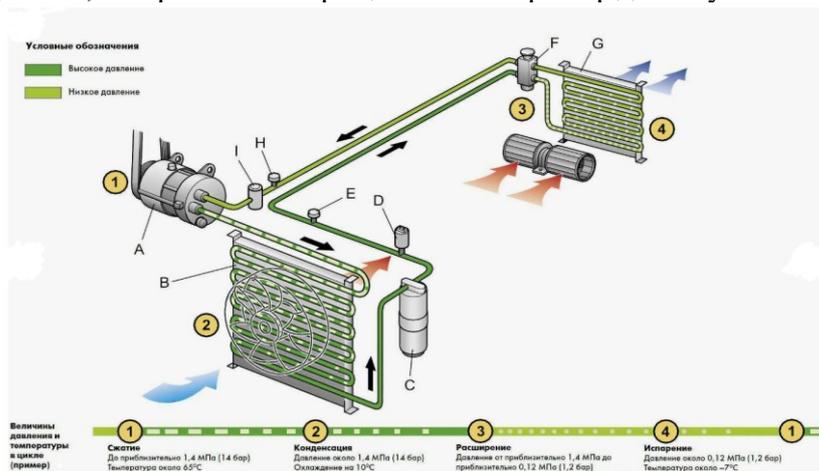


Рис. 4. Принцип охлаждения с помощью хладагента

Fig. 4. Principle of cooling using coolant

Преимущества климатической техники на холодоносителе включают высокую эффективность охлаждения, возможность точного контроля температуры и влажности, а также надежность и долговечность работы системы. Кроме того, использование холодоносителя позволяет создать равномерное и стабильное охлаждение в помещении без создания сквозняков или перепадов температуры [17, С. 23-26]. Однако, для эффективной работы системы на холодоносителе необходимо регулярное техническое обслуживание, контроль уровня холодоносителя, проверка герметичности системы и чистка фильтров. Также важно учитывать особенности выбора холодоносителя, его экологическую безопасность и соответствие стандартам энергоэффективности [18, С. 54-62].

Таким образом, климатическая техника на холодоносителе представляет собой эффективное и надежное решение для охлаждения помещений различного назначения, обеспечивая комфортные условия работы и сохранность оборудования [19, С. 110-115]

Вывод. Исходя из проведенного исследования, посвященного методам охлаждения серверного оборудования, можно сделать следующие ключевые выводы:

Во-первых, эффективное охлаждение серверного оборудования является критически важным для обеспечения стабильной работы и надежности системы. Высокие температуры в серверных помещениях могут привести к перегреву оборудования, что может вызвать снижение производительности и даже повреждение компонентов.

Во-вторых, существует множество различных методов охлаждения, включая воздушное охлаждение, жидкостное охлаждение и другие инновационные решения. Выбор оптимального метода охлаждения должен учитывать специфику серверного оборудования, тепловые нагрузки, размер помещения и другие факторы [20 С. 243-255].

В-третьих, исследование подтверждает, что качество охлаждающих систем напрямую влияет на эффективность работы серверного оборудования. Высококачественные системы охлаждения обеспечивают стабильную температуру и надежную работу серверов даже при высоких нагрузках.

Для эффективного охлаждения серверного оборудования рекомендуется использовать современные и надежные системы охлаждения, такие как жидкостное охлаждение, которое обладает высокой эффективностью, способностью поддерживать низкие температуры и предотвращать перегрев. Важно также уделить внимание правильной установке, обслуживанию и выбору оптимальной системы охлаждения в соответствии с потребностями и характеристиками серверного оборудования.

Библиографический список:

1. Полухин А.Т., Радачинская А.А. Анализ и разработка интеллектуального алгоритма охлаждения серверного помещения и пост использование паразитного тепла//Достижения вузовской науки. 2016. № 23. С. 131-135.

2. Сонич В.Ф., Бурков А.И. К вопросу о применении прецизионных кондиционеров в Пермском крае//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2013. № 2. С. 107-115.
3. Глушков С.С. Энергосбережение и охлаждение в "ЦОД"//Научно-исследовательский центр "Technical Innovations". 2023. № 19. С. 192-196.
4. Комаров Е.Г., Лозовецкий В.В., Лебедев В.В., Черкина В.М. Моделирование системы автономной теплофикации при трансформации тепловой энергии, образующейся в серверных станциях//Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 1. С. 130-139.
5. Полев И.Г., Сергеев А.И. Комбинированная система по мониторингу и регулированию температуры в серверном помещении//Интеграционные процессы в науке в современных условиях. Сб. статей Международной научно-практической конференции. Ответ. редактор: Сукиасян А.А. 2016. С. 38-42.
6. Жилкина Н.В. Планирование инфраструктуры ЦОД//Вестник связи 2006. № 11. С. 94-103.
7. Арбатский А.А., Глазов В.С. Обеспечение охлаждения в дата-центре сверхвысокой загрузки//Вестник Московского энергетического института. 2018. № 4. С. 36-43.
8. Ронжин П.Л., Мартынюк А.В. Системы кондиционирования с внутренним дублированием для дата-центров// Сети и системы связи 2008. № 14. С. 12-15.
9. Ахкозов В.В. Определение параметров объекта в системе приточной вентиляции с помощью математического моделирования//Инновационные перспективы Донбасса. Материалы междунаучно-практической конференции. Донецкий национальный технический университет. 2015. С. 62-66.
10. Еремкин А.И., Фильчакина И.Н. Воздухораспределитель для равномерной раздачи приточного воздуха через оппозитные щели в системах вытесняющей вентиляции//Региональная архитектура и строительство. 2011. № 2 С. 128-134.
11. Палеев Д.Ю., Киселев Ю.Е., Козлов В.И. Приточная вентиляция - проблемы и перспективы//Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. Материалы X Международной научно-практической конференции. 2013. С. 166-169.
12. Ахмедов Д.Ш., Елубаев С.А., Абдолдина Ф.Н. Применение системы жидкостного охлаждения в персональной гибридной вычислительной системе на базе графических процессоров// Научный сервис в сети Интернет: многообразие суперкомпьютерных миров. Труды Межд. суперкомпьютерной конференции. РАН. Суперкомпьютерный консорциум университетов России. 2014. С. 280-288.
13. Кондурцова Т.М. Двухфазная система жидкостного охлаждения серверов// Перспективные направления развития отечественных информационных технологий. Материалы III межрегиональной научно-практической конференции. Научный редактор Б.В. Соколов. 2017. С. 147-149.
14. Гаврилова О.А., Андреев А.И., Семенов А.Е., Чанчиков В.А. Экономическая эффективность использования полупроводникового охлаждения компьютерной техники//Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2023. № 4. С. 58-66.
15. Ворончихин С.Г., Помыткин В.А., Земцов М.А., Флакман А.Л. Определение влияния турбулизатора в теплообменнике на термическое сопротивление системы водяного охлаждения микрочипов//Научное обозрение. 2015. № 21. С. 173-177.
16. Ивашко Е.Е. Разработка математических моделей и информационных систем для повышения энергетической эффективности вычислительных кластеров и центров обработки данных с использованием прогнозирования нагрузки//НИР: грант № 13-07-98801. РФФИ. 2013.
17. Юлдашев А.Р., Морева Ю.А. Применение вычислительных систем с иммерсионным охлаждением в качестве дополнительного источника тепла для отопления помещений различного назначения //Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2023. Т. 14. № 2. С. 23-26.
18. Пискун Г.А., Алексеев В.Ф., Беликов А.Н., Рыбаков Д.Г. Моделирование отведения тепловой энергии от процессоров при помощи кулеров воздушного охлаждения//Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2023. Т. 21. № 4. С. 54-62.
19. Свиридов А.Н., Демкин В.И. Анализ методов повышения энергоэффективности центров обработки данных//Современные наукоемкие технологии. 2022. № 2 С. 110-115.
20. Шарун К.В., Баранова А.В. Разработка блока контроля температуры системы охлаждения серверов модульного типа//Перспективные технологии в средствах передачи информации. Материалы 14-ой международной научно-технической конференции. Владимир, 2021. С. 253-255.

References:

1. Polukhin A.T., Radachinskaya A.A. Analysis and development of an intelligent cooling algorithm for server rooms and post-use of waste heat. *Achievements of university science*. 2016; 23: 131-135. (In Russ)
2. Sonich V.F., Burkov A.I. On the application of precision air conditioners in the Perm region. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*. 2013;2:107-115. (In Russ)
3. Glushkov S.S. Energy conservation and cooling in "DPC". *Scientific Research Center "Technical Innovations"*. 2023;19:192-196. (In Russ)

4. Komarov E.G., Lozovetsky V.V., Lebedev V.V., Cherkina V.M. Modeling of the autonomous heating system during the transformation of thermal energy generated in server stations. *Forestry Bulletin*. 2021;(25): 1:130-139. (In Russ)
5. Polev I.G., Sergeev A.I. Combined system for monitoring and regulating the temperature in a server room. Integration processes in science in modern conditions. Collection of articles of the International scientific-practical conference. Responsible editor: A. A. Sukiasyan. 2016; 38-42. (In Russ)
6. Zhilkina N.V. Planning of data center infrastructure. *Communication Bulletin* 2006; 11: 94-103. (In Russ)
7. Arbatsky A.A., Glazov V.S. Ensuring cooling in a high-load data center. *Bulletin of the Moscow Power Engineering Institute*. 2018;4:36-43. (In Russ)
8. Ronzhin P.L., Martynyuk A.V. Air conditioning systems with internal redundancy for data centers. *Networks and Communication Systems* 2008; 14: 12-15. (In Russ)
9. Akkozov V.V. Determination of object parameters in the supply ventilation system using mathematical modeling. Innovative perspectives of Donbass. Materials of the International scientific-practical conference. Donetsk National Technical University. 2015; 62-66.(In Russ)
10. Eremkin A.I., Filchakina I.N. Air distributor for uniform distribution of supply air through opposing slots in displacement ventilation systems. *Regional Architecture and Construction*. 2011;2:128-134. (In Russ)
11. Paleev D.Y., Kiselev Y.E., Kozlov V.I. Supply ventilation - problems and prospects. In the collection: Occupational safety of enterprises in industrially developed regions. Materials of the X International scientific-practical conference. 2013;166-169.(In Russ)
12. Akhmedov D.S., Elubaev S.A., Abdoldina F.N. Application of liquid cooling system in a personal hybrid computing system based on graphics processors. Scientific service on the Internet: diversity of supercomputer worlds. Proceedings of the International Supercomputer Conference. RAS. 2014; 280-288. (In Russ)
13. Kondurtsova T.M. Two-phase liquid cooling system for servers. In the collection: Promising directions for the development of domestic information technologies. Materials of the III interregional scientific and practical conference. Scientific editor B.V. Sokolov. 2017; 147-149. (In Russ)
14. Gavrilova O.A., Andreev A.I., Semenov A.E., Chanchikov V.A. Economic efficiency of using semiconductor cooling for computer equipment. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2023; 4: 58-66. (In Russ)
15. Voronchikhin S.G., Pomytkin V.A., Zemtsov M.A., Flaxman A.L. Determining the influence of a turbulator in a heat exchanger on the thermal resistance of a water cooling system for microchips. *Scientific Review*. 2015; 2: 173-177. (In Russ)
16. Ivashko E.E. Development of mathematical models and information systems to increase the energy efficiency of computing clusters and data processing centers using load forecasting. *Research project: grant No. 13-07-98801. RFBR*. 2013. (In Russ)
17. Yuldashev A.R., Moreva Y.A. Application of computing systems with immersion cooling as an additional source of heat for heating premises of various purposes. *Current Issues in Modern Science, Technology and Education*. 2023;14(2):23-26. (In Russ)
18. Piskun G.A., Alexeev V.F., Belikov A.N., Rybakov D.G. Modeling of heat dissipation from processors using air cooling coolers. *Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*. 2023; 21(4):54-62.
19. Sviridov A.N., Demkin V.I. Analysis of methods for increasing energy efficiency of data processing centers. *Modern hightech technologies*. 2022; 2:110-115. (In Russ)
20. Sharun K.V., Baranova A.V. Development of a temperature control unit for a modular type server cooling system. Prospective technologies in information transmission means. Materials of the 14th International Scientific and Technical Conference. Vladimir, 2021; 253-255. (In Russ)

Сведения об авторах:

Страшко Егор Игоревич, студент, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения; tukann.tukann@mail.ru

Шорсткий Иван Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения; thegector@mail.ru

Жлобо Руслан Андреевич, старший преподаватель кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения; rzhlobo@bk.ru

Information about authors:

Egor I. Strashko, Student, Department of Technological Equipment and Life Support Systems; tukann.tukann@mail.ru

Ivan A. Shortsky, Cand. Sci. (Eng), Assoc. Prof., Department of Technological Equipment and Life Support Systems; thegector@mail.ru

Ruslan A. Zhlobo, Senior Lecturer, Department of Technological Equipment and Life Support Systems; rzhlobo@bk.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 03.07.2024.

Одобрена после рецензирования/ Revised 29.07.2024.

Принята в печать/Accepted for publication 29.07.2024.